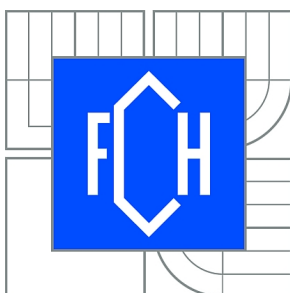


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

STANOVENÍ VYBRANÝCH TUKOVÝCH CHARAKTERISTIK SÝRŮ

THE ASSESSMENT OF CHOSEN CHARACTERISTICS OF CHEESE FATS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DOMINIK KOVAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0880/2014	Akademický rok: 2014/2015
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	Dominik Koval	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor:	Biotechnologie (2810R001)	
Vedoucí práce	Ing. Eva Vítová, Ph.D.	
Konzultanti:		

Název bakalářské práce:

Stanovení vybraných tukových charakteristik sýrů

Zadání bakalářské práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - stručná charakteristika vybraných typů sýrů
 - lipidy – charakteristika, rozdělení, vlastnosti; lipidy v sýrech
 - mastné kyseliny – charakteristika, rozdělení, vlastnosti; mastné kyseliny v sýrech
 - možnosti charakterizace tuku v sýrech (celkový obsah lipidů, frakce lipidů, tuková čísla apod.)
2. Vyberte jednoduché metody vhodné pro charakterizaci tuku v sýrech
3. Aplikujte je na vybrané vzorky sýrů

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2015

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Dominik Koval
Student(ka)

Ing. Eva Vítová, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá stanovením vybraných tukových charakteristik přírodních sýrů eidamského typu. Teoretická část se zabývá obecnou charakteristikou přírodních sýrů a strukturou jednotlivých složek. Pro charakterizaci lipidů ve vzorcích byly vybrány následující parametry: obsah celkových lipidů, číslo kyselosti, číslo zmýdelnění, esterové číslo a jodové číslo; jako doplněk potom obsah sušiny a tuku v sušině.

Hlavním cílem experimentální části bylo zavedení a optimalizace metod v laboratoři za účelem jednoduchého rozboru tuku v sýrech.

Pro optimalizaci byly použity vzorky sýrů zakoupené v běžné tržní síti. Optimalizované metody byly následně aplikovány na modelové vzorky sýrů vyrobených ve spolupráci s Ústavem technologie potravin na Technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the assessment of selected fat characteristics of natural edam cheese. The theoretical part deals with the general characteristics of natural cheese and structure of its individual components. The following characteristics were selected for lipids characterization: total lipids content and fat numbers, supplemented with dry matter and fat in dry matter content.

The main objective of the experimental part was to introduce and optimize methods in a laboratory for simple analysis of fat in cheese.

Cheese purchased at regular food market were used for method optimization. These optimized methods were then applied on model cheese samples produced in cooperation with the Institute of Food Technology of Tomas Bata University in Zlin.

KLÍČOVÁ SLOVA

Eidamské sýry, lipidy, tuková čísla, tukové charakteristiky

KEYWORDS

Edam cheese, lipids, fat numbers, fat characteristics

KOVAL, D. *Stanovení vybraných tukových charakteristik sýrů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vítová, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Poděkování

Velmi rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Evě Vítové, Ph.D. za její odborné rady a čas, který mi věnovala. Poděkování patří také Ing. Martině Mahdalové a Ing. Kateřině Sůkalové za cenné rady a připomínky při řešení a vyhodnocování experimentální části bakalářské práce. Na závěr bych chtěl poděkovat rodině za zázemí a neustálou podporu během studia.

OBSAH

1. Úvod	7
2. Teoretická část.....	8
2.1. Charakteristika přírodních sýrů eidamského typu.....	8
2.2. Složení a struktura složek sýrů.....	8
2.2.1. Bílkoviny	8
2.2.1.1. Kasein	8
2.2.1.2. Kaseináty	9
2.2.1.3. Syrovátkové proteiny	9
2.2.2. Sacharidy	9
2.2.3. Lipidy	9
2.2.3.1. Homolipidy	10
2.2.3.2. Heterolipidy	10
2.2.3.3. Komplexní lipidy	11
2.2.3.4. Mastné kyseliny	11
2.3. Technologie výroby sýrů eidamského typu	14
2.3.1. Mléko jako surovina pro výrobu sýru	14
2.3.1.1. Pasterace	14
2.3.1.2. Homogenizace.....	14
2.3.1.3. Aplikace přídatných a pomocných látek	14
2.3.2. Sýření.....	15
2.3.3. Zpracování sýřeniny, krájení a lisování	15
2.3.4. Solení sýrů	16
2.3.5. Zrání sýrů.....	17
2.3.6. Uskladnění zralých sýrů	17
3. Experimentální část.....	18
3.1. Použité chemikálie	18
3.2. Použité přístroje	18
3.3. Analyzované vzorky.....	18
3.4. Použité metody a experimentální postupy	19
3.4.1. Stanovení obsahu sušiny.....	19
3.4.2. Stanovení obsahu celkových lipidů.....	19
3.4.3. Extrakce tuku ze vzorku sýra (podle Soxhleta)	20
3.4.4. Stanovení čísla zmýdelnění	21

3.4.5.	Stanovení čísla kyselosti.....	21
3.4.6.	Stanovení esterového čísla.....	22
3.4.7.	Stanovení jodového čísla podle Hanuše	22
3.4.8.	Statistické zpracování výsledků	23
4.	Výsledky a diskuze	24
4.1.	Stanovení obsahu sušiny	24
4.2.	Stanovení obsahu celkových lipidů	25
4.3.	Stanovení tukových charakteristik	25
4.3.1.	Stanovení čísla zmýdelnění	26
4.3.2.	Stanovení čísla kyselosti.....	27
4.3.3.	Stanovení esterového čísla.....	27
4.3.4.	Stanovení jodového čísla podle Hanuše	27
5.	Závěr	29
6.	Literatura.....	30

1. ÚVOD

Sýry jsou již dlouhou dobu součástí naší výživy. Proces jejich výroby se v průběhu dějin značně vyvinul. Sýrové sraženiny se různě lisují, solí, různě dochucují nebo nechávají zrát. Některé oblasti mají vlastní sýry s ochrannou známkou, v Česku jsou to například Olomoucké tvarůžky nebo na Slovensku Parenica.

Sýry jakožto mléčné výrobky jsou bohaté na množství různých látek, od vápníků, zinku, hořčíku nebo fosforu, přes vitaminy A, B1, B2, B6, B12, E až po esenciální aminokyseliny.

Tuky jsou podstatnou a nepostradatelnou složkou v sýrech. Nejenom, že jsou hlavními nositeli senzoricky aktivních látek (chuť, vůně a textura), ale patří mezi energeticky nejbohatší složky potravin a mají celou řadu dalších důležitých funkcí pro lidský organismus. Významnou součástí tuků jsou mastné kyseliny, kterých existuje více druhů a liší se svými fyzikálními vlastnostmi.

Cílem této práce bylo zavedení a ověření metod stanovení vybraných tukových charakteristik a jejich aplikace na modelové vzorky sýrů eidamského typu vyrobených na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Charakteristika přírodních sýrů eidamského typu

Eidamský sýr, jakožto typ sýra patřící do skupiny přírodních sýrů, lze dále zařadit na základě obsahu sušiny mezi sýry polotvrdé (cca 50 % vody) a původně mezi plnotučné sýry (45-50 % tuku v sušině). Dnes se vyrábí i eidam s nižším obsahem tuku (20-30 %) a je považován za české specifikum. Je logické, že při snížení obsahu tuku je potřeba něčím sýrovou hmotu nahradit, a to bílkovinou z méně tučného mléka. Na tučnější eidam se tedy používá menší množství tučnějšího mléka než na méně tučný eidam méně tučného mléka [1,2].

Sýry eidamského typu se začaly vyrábět v 11. století v Holandsku. Jakožto první sýr eidamského typu je uváděna gouda, která získala název podle města Gouda v provincii Jižní Holandsko. Mladší sýry mívají tuhé, světle žluté těsto s malými, nepravidelnými nebo i většími sýrovými oky. Velmi jemná chuť se zráním zintenzivňuje, stává se výraznější a plnější. Během zrání postupně tmavne těsto sýra a také kůra sílí a tuhne. Eidam pochází z města Edam v provincii Severní Holandsko. Jeho český název vznikl zkomolením prostřednictvím němčiny z nizozemského Edammer kaas. Původně byl vyráběn ve tvaru koulí, dnes je vyráběn i v hranolových či salámových tvarech. Barva těsta je světlejší než u goudy, ale zráním také tmavne. Eidam zraje od čtyř týdnů někdy i do deseti měsíců, dobou zrání lze prodloužit dobu trvanlivosti. Chuť eidamu je jemná, lehce slaná [3,4].

Eidam se postupně z Holandska rozšířil po celé Evropě a v různých koutech získával své různé variace a jakostní varianty. Dánové v tomto směru dosáhli velkých úspěchů, když vytvořili vlastní druhy jakostních sýrů s nízkodohřívanou sýřeninou a tvorbou ok v těstě, označované názvy ostrovů (Danbo, Elbo, Fynbo, Molbo, Tybo). Ve Finsku se sýr gouda nazývá Airisto, v Rumunsku Olandra. U nás je největším výrobcem eidamu jihočeská firma Madeta, která vyrábí variantu s obsahem tuku v sušině 45 %, 30 % a 20 %. Eidam zde zraje v 15kg a 3kg blocích tři až čtyři týdny [2,4].

2.2. Složení a struktura složek sýrů

Základní surovinou pro výrobu sýrů je u nás kravské mléko, mnoho druhů sýra se vyrábí také z ovčího, koziho nebo buvolího či velbloudího mléka. Sýry jsou složenou potravinou živočišného původu. Obsahují všechny živiny a látky, které organismy potřebují k získávání energie i ke stavbě a obnově tkání [5,6].

2.2.1. Bílkoviny

Kravské mléko obsahuje průměrně 3,5 % bílkovin. Mléko má významnou roli ve stravě i proto, že obsahuje všechny pro život nepostradatelné aminokyseliny, které si organismy neumí syntetizovat tzv. esenciální. Bílkoviny v mléce jsou tedy plnohodnotné. Tím, že je mléko dále zpracováváno a i zráním sýru se bílkoviny částečně štěpí na jednodušší peptidy, aminokyseliny a základní sloučeniny, a tím se zvyšuje jejich stravitelnost. K mléčným bílkovinným složkám se řadí kasein, kaseináty nebo syrovátkové proteiny [7,8].

2.2.1.1. Kasein

V kravském mléce tvoří obvykle 80 % všech bílkovin ve formě koloidního roztoku, čímž způsobuje z největší části bílé zbarvení mléka. Kasein řadíme z chemického hlediska mezi fosfoproteiny, protože obsahuje fosfor vázaný ve formě kyseliny fosforečné [9].

Rozlišují se dva druhy kaseinu:

- Kyselý: vyrábí se srážením, mléčným kysáním nebo minerálními kyselinami.
- Sladký: srážení odstředěného mléka se provádí syřidlem [10].

2.2.1.2. Kaseináty

Rozpuštěním kaseinu v zásadách vznikají kaseináty, roztoky se poté obvykle suší. Rozlišují se kaseináty rozpustné (Na^+ , K^+) a dispergované (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Používají se v různých odvětvích potravinářského průmyslu – mohou vázat vodu, emulgují tuk a zvyšují nutriční hodnotu výrobku [10].

2.2.1.3. Syrovátkové proteiny

Bílkoviny syrovátky, srážené ze syrovátky za horka, se používají jednak přímo jako potravina, nebo se jemná sraženina separuje a suší. Pro potravinářské a krmné účely se vyrábí koprecipitáty ze směsi mléka a syrovátky. Společně vysrážené bílkoviny se oddělí odstředováním a suší.

Syrovátkové proteiny se používají zejména díky výborným emulgačním vlastnostem a vysoké nutriční hodnotě [11].

2.2.2. Sacharidy

Monosacharidy, a to především glukosa, se v mléce vyskytují v nevýznamném množství, hlavním cukrem je disacharid laktosa, v menším množství jsou přítomny další příbuzné oligosacharidy, jako například sacharidy s navázanými aminoskupinami (lakto-N-tetrosa nebo N-acetylglukosoamin). [13]

Laktosa je disacharid složený ze dvou hexos – D-glukosy a D-galaktosy. Molekuly jsou spojeny β -1,4-glykosidickou vazbou mezi aldehydickou skupinou na C1 na galaktose a C4 na glukose. Aldehydická skupina na glukose způsobuje její redukční charakter. Vyskytuje se ve dvou základních izomerních formách, které na sebe mohou navzájem přecházet. [22]

Laktosa není jen důležitým zdrojem energie, ale hraje i významnou roli v metabolismu vápníku, tvorbou snadno vstřebatelného laktátu se zvyšuje jeho využití. Mléčný cukr může také napomáhat tvorbě cerebrosidů a syntéze některých vitaminů ve střevním traktu. [23]

V sýrech je laktosa obsažena v malém množství, protože je ve většině případů zcela převedena na kyselinu mléčnou a další jiné produkty kvašení. Z tohoto důvodu je její energetický a nutriční význam téměř zanedbatelný. [1,6]

2.2.3. Lipidy

Lipidy patří k významným složkám potravin a ve výživě člověka tvoří jednu z hlavních živin nezbytnou pro zdraví a vývoj organismu [13].

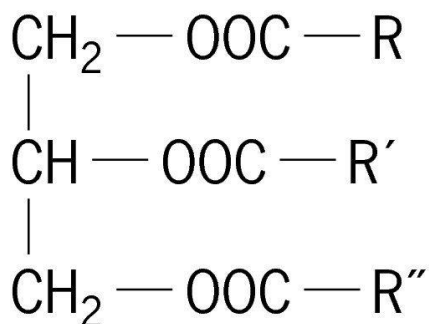
V mléce se tuk nachází ve formě malých kuliček o průměru 3 – 4 μm . Většinu lipidů v tukových kuličkách tvoří triacylglyceroly (viz. Obrázek 1), malé množství lipidů se nachází ve formě fosfolipidů a sterolů v membráně tukových kuliček [14].

Kyseliny vyskytující se ve vazbě s glycerinem jsou především kyselina palmitová, stearová a olejová. Tyto kyseliny tvoří 85 % celkového množství kyselin, zbytek tvoří celá řada kyselin, z nich nejdůležitější jsou kyselina myristová, laurová, kaprinová, kaprylová, kapronová, máselná, linolová a linoleová [10].

Podle chemického složení se lipidy třídí do tří hlavních skupin [13]:

- homolipidy
- heterolipidy
- komplexní lipidy
- volné mastné kyseliny

V technologické a potravinářské praxi se názvu lipidy spíše neužívá, rozeznávají se tuky, oleje, mastné kyseliny, vosky a lecithin, neboť pouze tyto složky mají průmyslový význam [13].



Obrázek 1: Schéma triacylglycerolu [15]

2.2.3.1. Homolipidy

Homolipidy jsou sloučeniny mastných kyselin a alkoholů. Patří sem acylglyceroly a vosky. [13]

Homolipidy, sestávající se jen z mastných kyselin vázajících se na alkoholy, se dnes dělí výhradně podle struktury vázaného alkoholu. Tím je v přírodě většinou glycerol, řidčeji ethery glycerolu nebo hemiacetaly vyšších alifatických aldehydů, glykoly, ale také vyšší jednosytné alifatické alkoholy, alifatické a alicyklické terpenoidní sloučeniny jako jsou např. xanthofyly nebo různé steroidní sloučeniny. [13,25]

Acylglyceroly jsou estery mastných kyselin s glycerolem. Nejčastěji jde o směsi různých triacylglycerolů, ovšem zřídka se vyskytují i mono- a diacylglyceroly. Ty vznikají zejména jako produkty hydrolýzy triacylglycerolů, činností enzymu lipasy. Při hydrolýze triacylglycerolů tedy vznikají volné mastné kyseliny a glycerol. Konzumace acylglycerolů by měla být co nejmenší. Ve stravě by měly převažovat nenasycené mastné kyseliny nad nasycenými. [13,24,25]

Vosky jsou v přírodě velmi rozšířené tuhé estery vyšších mastných kyselin a vyšších primárních alkoholů. Vyskytují se převážně jako stopové složky. Zaujímají hlavně funkci ochrannou. Proto se u rostlin tvoří na vnějších částech a u živočichů jsou vylučovány na kůži a srsti. [13,24,26]

2.2.3.2. Heterolipidy

Heterolipidy obsahují na rozdíl od homolipidů nejen vázané mastné kyseliny a alkoholy, ale také další složky, podle kterých se dále rozdělují, a to na: fosfolipidy, glykolipidy a sulfolipidy. [13]

Nejvýznamnějšími a nejrozšířenějšími heterolipidy jsou fosfolipidy. Jsou to lipidy, které obsahují esterově vázanou kyselinu fosforečnou. V přírodě se nejčastěji vyskytují v biomembránách. Fosfolipidy se dále rozdělují podle struktury alkoholové složky a dalších

složek, hlavně dusíkatých derivátů. Mezi nejznámější fosfolipidy patří glycerofosfolipidy a sfingofosfolipidy. [13,26]

Glykolipidy jsou deriváty mastných kyselin, které obsahují vázané cukry. Pokud obsahují také vázaný glycerol, nazývají se glykoglycerolipidy, obsahují-li vázaný sfingosin nebo příbuzné sloučeniny nazývají se glykosfingolipidy. Vyskytují se například v chloroplastech. Nejčastěji vázaným cukrem je D-galaktosa, řidčeji také D-glukosa nebo D-fruktosa, ale i jiné cukry. Často provázejí fosfolipidy a jsou také součástí buněčných struktur. [13]

Heterolipidy obsahující vázanou kyselinu sírovou, případně kyselinu sulfonovou, patří do skupiny sulfolipidů. [13]

2.2.3.3. *Komplexní lipidy*

Jsou to makromolekulární látky, jejichž lipidová složka je na nelipidový podíl vázána vodíkovými můstky, hydrofobními interakcemi a jinými fyzikálními vazbami, ale částečně se mohou také uplatnit kovalentní vazby. Nelipidovým podílem bývá nejčastěji protein, ale také polysacharid, jeho směs s proteinem, lignin apod. [13]

2.2.3.4. *Mastné kyseliny*

Základní složka lipidů jsou právě mastné kyseliny. V přírodě bylo dosud objeveno okolo 100 mastných kyselin, několik základních je uvedeno v Tabulka 1. Jsou to alifatické karboxylové kyseliny s dlouhými nevětvenými řetězci. V lipidech se vyskytují mastné kyseliny nejčastěji v esterifikované formě, volně se v přírodě vyskytují jen vzácně. Společným rysem pro většinu mastných kyselin je sudý počet uhlíků, které ji tvoří. Jde o odraz jejich biosyntézy, kdy vznikají spojením C_2 jednotek. [13,26-28]

Základní rozdělení mastných kyselin je řízeno přítomností násobných vazeb na nasycené (neobsahují násobné vazby) a nenasycené (obsahují násobné vazby). Se stupněm nasycenosti se mění fyzikální vlastnosti mastných kyselin.

V přírodě a v potravinách jsou rozeznávány tyto skupiny mastných kyselin [27]:

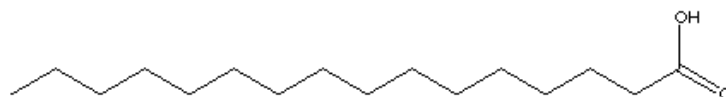
- nasycené
- nenasycené monoenové (s jednou dvojnou vazbou)
- nenasycené polyenové (s dvěma a více dvojnými vazbami)
- nenasycené s trojnými vazbami a s různými substituenty

Tabulka 1: Přehled vybraných mastných kyselin [13]

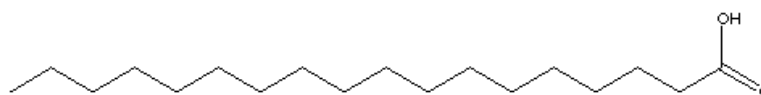
Druh	Mastná kyselina	Triviální název	Symbol*
Nasycená	dodekanová	laurová	12:0
	tetradekanová	myristová	14:0
	hexadekanová	palmitová	16:0
	oktadekanová	stearová	18:0
	eikosanová	arachová	20:0
Nenasycená	hexadecenová	palmitolejová	16:1
	oktadecenová	olejová	18:1
	oktadekadienová	linolová	18:2
	oktadekatrienová	α -linolenová	18:3
	eikosatetraenová	arachidonová	20:4

* počet uhlíkových atomů:počet dvojných vazeb

Jak je zřejmé už z názvu nasycených mastných kyselin, jde o sloučeniny, které již nemohou pojmout více atomů vodíku, na své řetězce. Obsahují tedy jen jednoduché vazby. Tyto velmi flexibilní molekuly se nachází ve velkém počtu konformací díky poměrně volné rotaci na vazbách mezi každým uhlíkem. Většina mastných kyselin má však rovný, nerozvětvený řetězec, kvůli energetické výhodnosti této konformace. Bod tání je závislý na molekulové hmotnosti, mastné kyseliny s nižším počtem uhlíků jsou kapalné, od C₁₀ jsou mastné kyseliny tuhé látky. V potravinách se nejčastěji vyskytují kyseliny palmitová a stearová, některé další jsou uvedeny v Tabulka 2. Sýry se obecně řadí mezi potraviny s vysokým obsahem nasycených mastných kyselin. [13,25,27]



Obrázek 2: Kyselina palmitová

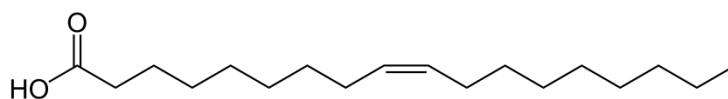


Obrázek 3: Kyselina stearová

Tabulka 2: Přehled hlavních nasycených mastných kyselin [13]

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	behenová
tetrakosanová	24	lignocerová

Monoenové mastné kyseliny obsahují ve svém řetězci jen jednu dvojnou vazbu. Označují se zkratkou MUFA (Monounsaturated Fatty Acid). Navzájem se od sebe liší nejenom délkou řetězce, ale i polohou dvojně vazby a prostorovou orientací. Více přirozená bývá konformace *cis*, nežli konformace *trans*. Izomery *trans* bývají některými vlastnostmi podobné nasyceným mastným kyselinám, vyskytují se zejména ve ztužených tucích. Oproti nasyceným mastným kyselinám jsou monoenové nenasyčené mastné kyseliny reaktivnější, například mohou být samovolně oxidovány na vzduchu. Dvojná vazba se často objevuje mezi atomy C₉ a C₁₀. Monoenové mastné kyseliny jsou důležitou součástí struktury buněčných membrán. Mezi významné zástupce patří kyseliny olejová a palmitolejová, některé další jsou uvedeny v Tabulka 3. [13,25]

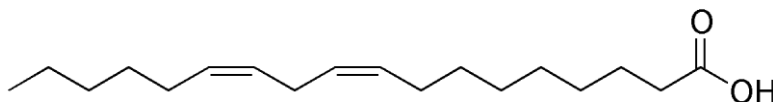


Obrázek 4: Kyselina olejová

Tabulka 3: Přehled hlavních monoenových mastných kyselin [27]

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Izomer	Triviální název
decenová	10	9	cis	kaprolejová
dodecenová	12	9	cis	laurolejová
tetradecenová	14	9	cis	miristolejová
hexadecenová	16	9	cis	palmitolejová
oktadecenová	18	9	cis	olejová
oktadecenová	18	9	trans	elaidová
dokosenová	20	13	cis	eruková

Další skupinou jsou polyenové mastné kyseliny, ty mají ve své struktuře více dvojných vazeb a jsou označovány zkratkou PUFA (Polyunsaturated Fatty Acid). U těchto mastných kyselin se rovněž vyskytují polohové a prostorové izomery. Významnou součástí skupiny těchto kyselin tvoří tzv. kyseliny typu n-3 a n-6 (podle polohy dvojně vazby, v *cis* konformaci), některé jsou uvedeny v Tabulka 4. Často se v praxi setkáváme s komerčním označením omega-3 a omega-6 kyseliny. Omega-6 mastné kyseliny se vyskytují v listové zelenině, řepkových a lněných olejích nebo tučných rybách. Číslo 6 v jejich názvu značí, že první dvojná vazba se nachází na šestém uhlíku. Omega-3 mastné kyseliny najdeme v olejích semen a výrobků z nich. [13,29]



Obrázek 5: Kyselina linolová

Tabulka 4: Přehled polyenových mastných kyselin skupiny n-3 a n-6 [13]

Skupina n-3			Skupina n-6		
Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Dvojně vazby	Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Dvojně vazby
α -linolenová	18	3	linolová	18	2
eikosapentaenová	20	5	γ -linolenová	18	3
dokosapentaenová	22	5	dihomo- γ -linolenová	20	3
dokosahexaenopvá	22	6	arachidonová	20	4

Poslední skupina jsou mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty. Alkinové kyseliny, které mohou obsahovat jednu nebo více trojných vazeb a zároveň i vazby dvojně nejsou v potravinářství příliš důležité. Substituenty na těchto mastných kyselinách mohou být kyslíkaté, dusíkaté nebo sírné funkční skupiny. [25,27]

2.3. Technologie výroby sýrů eidamského typu

Výroba sýru je poměrně složitý proces, který zahrnuje řadu kroků a biochemických přeměn. Obecně lze operace při výrobě sýrů rozdělit na několik částí – tepelné ošetření mléka, úprava mléka před zpracováním, syření, zpracování syřeniny, formování a lisování, solení a zrání. Zvláště jsou zde popsána specifika výroby sýrů eidamského typu, které byly analyzovány v experimentální části této práce. [5,30]

2.3.1. Mléko jako surovina pro výrobu sýru

Je samozřejmé, že kvalitní sýr lze vyrobit jen z odpovídající suroviny. Chemické složení mléka má zásadní význam pro výtěžnost výroby a složení sýru. Výtěžnost určuje především obsah kaseinu. Poměr tuku a kaseinu je rozhodující pro výsledný obsah tuku v sušině. Sýry jsou náročné na surovinu i z hlediska mikrobiologické kvality. Výroba sýru z nepasterizovaného mléka je povolena jen v některých zemích, i v pasterovaném mléce však zůstávají termorezistentní lipasy psychrotrofních mikroorganismů. [5]

2.3.1.1. *Pasterace*

Pro výrobu sýrů se nejčastěji užívá šetrná pasterace. Vyšší pasterační záhřevy jsou nevhodné, protože se zhoršuje syřitelnost mléka a oddělování syrovátky. Pasterace mléka použitého pro výrobu sýrů s nízkodohřívanou syřeninou se provádí 30 s při teplotě 75 – 78 °C. Oproti pasteraci při vysoké teplotě nenastávají změny v chuti a vůni, obsah vitamínu a povaha syrového mléka zůstávají z největší části zachovány. [5,7,31]

2.3.1.2. *Homogenizace*

Mléko se dnes homogenizuje současně s pasterací, nebo před ní. Cílem homogenizace je zmenšení velikosti tukových kuliček pod 1 μm. Mléko je proháněno za zvýšené teploty a vysokého tlaku velmi úzkým prostorem, kde se tříští tukové kuličky na tak malé, že potom nemohou překonat odpor mléčného plazmatu a nevystupují k povrchu. Díky tomuto úkonu se sýří o 25 – 50 % rychleji a současně se snižuje tučnost syrovátky. Po homogenizaci mléka sýry vylučují méně tuk při zahřívání a tím poměrně rychle získávají plnou vůni. [5,7,31]

2.3.1.3. *Aplikace přídatných a pomocných látek*

Přídavek chloridu vápenatého zlepšuje syřitelnost a zvyšuje pevnost vzniklého gelu. Obvyklá dávka CaCl_2 je v rozmezí 5 – 20 g na 100 kg mléka zpravidla ve formě nasyceného roztoku. [5]

Pro zamezení duření sýrů, způsobeného činností koliformních bakterií a bakterií máselného kvašení se do mléka přidává dusičnan draselný. Obvyklá dávka KNO_3 je 15 g na 100 kg mléka. [5]

K dosažení určitého zbarvení sýra se dříve užívala různá přírodní barviva (šafrán, kurkuma nebo mrkev). Barva je důležitý faktor, který slouží i pro posouzení kvality potraviny. Dnes se pro barvení užívá převážně tzv. sýrařská barva. Jde o alkalický roztok karotenoidu s názvem bixin ($\text{C}_{25}\text{H}_{30}\text{O}_4$). Alkalický charakter roztoku barviva mu dává schopnost vázat se na kasein a zabarvit vodno-bílkovinnou fázi sýra. [9,31]

Přídavek kyselých kultur bakterií mléčného kvašení je nezbytným předpokladem výroby všech sýrů. Funkce kyselých kultur při výrobě sýru lze shrnout následovně [5]:

- úprava kyselosti mléka před syřením
- fermentace laktosy a tvorba kyseliny mléčné během koagulace a zpracování sraženiny
- uplatnění proteolytické a lipolytické aktivity v průběhu zrání

- utváření senzorických vlastností (tvorba kyseliny mléčné a dalších organických kyselin a aromatických sloučenin)
- vliv na texturu a konzistenci (především tvorba ok a proteolytické změny bílkovin)

Vlastní přídavek kultur pro výrobu následuje po ohřátí skladovaného mléka na teplotu sýření (obvykle 30 – 33 °C) průtokem přes deskový výměník. Mezofilní kultura se dávkuje 30 – 45 min před sýřením v množství 0,5 – 2 %. Důležité je důkladné rozmíchání inokula. Při výrobě sýrů eidamského typu se používají zejména druhy *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* nebo *cremoris* v kombinaci s kulturami *Leuconostoc mesentroides* subsp. *cremoris*/*Leuconostoc lactis*. [5, 32]

2.3.2. Sýření

Srážení mléka syřidlem se využívá při výrobě sýrů již od nepaměti. Dobrá sýřitelnost mléka závisí na jeho neporušeném složení, na obsahu kaseinových bílkovin, jejich složení a genetickém typu, na obsahu minerálních látek, jejich rovnováze s bílkovinami a formě tj. rozpustné, ionizované a koloidní formě a na přirozeném pH mléka, které s těmito faktory přímo souvisí. [1]

Charakteristickým jevem při srážení kaseinu je postupné uvolňování koloidního fosforečnanu vápenatého z kaseinových micel. Při pH 5,7 – 5,8 je v roztoku již 50 % koloidního vápníku a začíná destabilizace micel. Agregací v izoelektrickém bodě se vytváří síť gelu kyselého sráženého mléka. Kyselý gel je kratší a tužší. Kyselým srážením proto nelze vyrobit sýr s vysokou sušinou. [5]

Syřidlo je proteolytický enzym podobný pepsinu, který za přítomnosti vápenatých solí způsobuje koagulaci čerstvého mléka bez změny jeho kyselosti. [31]

Na trhu je celá řada proteinas, podle povahy aktivních center proteinasy rozdělujeme na [33]:

- serinové – trypsin, chymotrypsin, elastasa
- cysteinové – papain, ficin, bromelin
- metaloproteinové – aminopeptidasy, karboxypeptidasy, neutrální proteinasy
- aspartátové – chymosin, pepsin, bystricin, mikrobiální proteinasy

Jako přírodní syřidlo se dříve užíval výtažek z žaludku sajících telat, kde jeho účinnou složkou byl enzym chymosin. Vzhledem k jeho nedostatku, jsou dnes sýry sráženy alternativními látkami, které se získávají z plísní nebo rostlin. V posledních letech je možné chymosin získávat i genově inženýrskými postupy. Gen telat pro tvorbu chymosinu je vnesen do genomu mikroorganismu, který je poté schopen enzym produkovat. [5,29,33]

2.3.3. Zpracování sýřeniny, krájení a lisování

Zpracování sýřeniny je u tvrdých sýrů náročné. Jde o stejnorodou rosolovitou hmotu, ve které se disperzní prostředí – syrovátka nachází v mikroporézní struktuře gelu. [31,33]

Zpracování sýřeniny je v praxi výsledkem spolupůsobení několika činitelů, konkrétně jde o mechanické, tepelné a biochemické procesy. Ze sýřeniny je smršťováním vytlačována syrovátka. Cílem zpracování je získání dostatečného množství odvodněného parakaseinátu vápenatého tak, aby se v něm zachytil podle možností všech tuk. U všech sýrů je

rozhodující dodržování časového harmonogramu zpracování, který je uveden v Tabulka 5. [31,33]

Zpracování sýřeniny začíná krájením, kdy se sýřenina rozdrobí na požadovaný stupeň. Pro tvrdé sýry je velikost zrna několik milimetrů. Důležité je, aby proces krájení probíhal rovnoměrně, nezpůsoboval rozbití sýřeniny a tím ztrátu tuku a kaseinu. Syrovátka má být podle možnosti čirá. Stupeň zákalu poukazuje na zvýšené ztráty tuku a rozptýleného parakaseinu. [31]

Po usazení zrn následuje odpouštění syrovátky a promývání zrna, kterým se reguluje obsah laktosy a kyselost sýra. Teplota prací vody ovlivňuje průběh syneréze (stahování sýřeniny). [31,33]

Výroba sýrů pokračuje dohříváním zrna na teplotu 38 – 40 °C pomalým ohříváním vody v plášti vany a současným mícháním. Mícháním je rozrušována struktura bílkovin a částice kaseinu ztrácí vodu. Míchání také zabraňuje slepování zrn. [10,31]

Požadovaný tvar získává sýr při formování, kdy se musí zrna spojit tak, aby nedošlo k narušení požadovaného rozvoje mikroflóry, na kterém závisí správný stupeň zrání. Sýry se formují ve speciálních tvořítkách z různých materiálů (nerezavějící ocel, anodový hliník či plast). Jejich plášť je vždy perforovaný kvůli usnadnění odtoku syrovátky. Při formování dochází k rozvoji bakterií mléčného kvašení, především streptokoků, v důsledku čehož se laktosa rozkládá na kyselinu mléčnou. [33,34]

Samovolné vytékání syrovátky u tvrdých sýrů, které zrají ve velkých formách, není dostatečné, proto se syrové zrno stlačuje mechanicky. [34]

Tabulka 5: Časový rozpis technologických operací při výrobě eidamského sýra podle tuku v sušině (t. v s.) [33]

Technologická operace	30 % t. v s.	40 % t. v s.	45 % t.v s.	50 % t.v s.
Sýření	30 min			
Krájení	13 – 15 min	10 – 13 min	10 – 13 min	15 min
Odčerpávání syrovátky	4 – 5 min			
Krájení	1 min			
Míchání	15 min			
Vytužování	6 – 9 min			
Praní	10 – 20 min			
Teplota prací vody	55 – 60 °C	50 – 60 °C	50 – 60 °C	60 – 70 °C
Dosoušení	30 – 40 min	45 – 60 min	45 – 65 min	45 – 60 min
Teplota páry při dosoušení	36 – 40 °C	37 – 40 °C	37 – 40 °C	39 – 41 °C

2.3.4. Solení sýrů

Solení sýrů je nezbytná operace u všech druhů sýra. Solení dává sýrům správnou chuť, vyvolává částečné rozpuštění parakaseinu, brzdí rozvoj škodlivé mikroflóry, zpevňuje povrch sýra, reguluje obsah vody v těstě sýra, což má návaznost na konzistenci těsta a mikroflóru, průběh kysání a zrání. [31,33]

Sýry se po vylisování posypávají na povrchu suchou solí, která se vtírá do pokožky, nebo jsou uloženy v solné lázni 15 – 20 hodin. V průběhu solení dochází k difúzi NaCl dovnitř sýra a do solné lázně přechází část syrovátky a rozpustných solí. Po vysolení musí sýry obsahovat definované množství sušiny a tuku v sušině. [10,33]

2.3.5. Zrání sýrů

Zrání můžeme definovat jako veškeré biochemické procesy probíhající v sýrech vlivem mikrobiálních enzymů, případně syřidlových enzymů. Zráním získávají sýry svou výslednou strukturu, vůni a chuť. Tvrdé sýry zrají v celé hmotě současně, tzv. anaerobní zrání. Během zrání podléhají největším změnám laktosa a mléčné bílkoviny, u některých sýrů tuk. Stupeň zralosti sýra po předcházejících proteolytických změnách lze zjistit například senzorickou analýzou. [4,31,33,34]

Na proces zrání má velký vliv teplota a vlhkost vzduchu. Při příliš nízké teplotě mléčná fermentace probíhá pozvolna, čímž se zpomaluje nebo dokonce znemožňuje správný průběh hydrolytického rozkladu kaseinu a dochází k rozmnožení hnilobných bakterií. Nadměrně vysoká teplota zvyšuje rychlost zrání a současně může podněcovat rozvoj plynotvorných bakterií. Eidamské sýry se v první fázi zrání (okolo 6 týdnů) udržují při teplotě 15 °C a 85% relativní vlhkosti a potom 5 – 7 týdnů při teplotě 12 °C. Sýry je třeba v počátečním stádiu často obracet a periodicky omývat, kvůli zabránění rozvoji plísní na jejich povrchu. Pokud sýry zrají v obalech z plastů, není nutné s nimi nijak manipulovat, kontroluje se pouze průběh jejich zrání. Po určitém čase se mikrobiologické a enzymové změny zastaví, zatímco vypařování vody pokračuje. Proto mají tvrdé sýry dlouhou dobu trvanlivosti. [31,33,34]

2.3.6. Uskladnění zralých sýrů

Pokud jsou sýry určeny k uskladnění, musí být ošetřené, omyté a zabalené. Pro skladování je obvyklá teplota 0 – 5 °C a relativní vlhkost 80 – 85 %. Snížení teploty může mít za následek pukání sýru a nežádoucí změny ve struktuře, vlhkost je důležitá zejména pro omezení vysychání sýrů. Sklady bývají zpravidla klimatizované a musí splňovat hygienické podmínky. Mimo výše zmíněnou teplotu a vlhkost je potřeba v místnostech, kde je sýr uskladněn, zabezpečit i mírné, ale stále proudění vzduchu. [31]

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Použité chemikálie

- petrolether (Lach-Ner, Neratovice)
- ethanol (Lach-Ner, Neratovice)
- ethylether (Lach-Ner, Neratovice)
- hydroxid draselný (p.a., PENTA, Praha)
- kyselina chlorovodíková (p.a., PENTA, Praha)
- fenolftalein (Lach-Ner, Neratovice)
- chloroform (p.a., Lach-Ner, Neratovice)
- thiosíran sodný (Lach-Ner, Neratovice)
- jodid draselný (PENTA, Praha)
- škrobový maz (Lach-Ner, Neratovice)
- jodmonobromid (Lach-Ner, Neratovice)
- mořský písek (Lach-Ner, Neratovice)
- destilovaná voda

3.2. Použité přístroje

- elektrická sušárna s regulací teploty (MEMMERT)
- předvážky (AND A&D INSTRUMENT LTD)
- analytické váhy (HELAGO, GR-202-EC)
- topné hnízdo (BRNĚNSKÁ DRUTĚVA)
- elektrický vařič (ELECTROLUX)
- chladnička s mrazničkou (AMICA)
- vodní lázeň (MEMMERT)
- vakuová odparka (HELAGO)

3.3. Analyzované vzorky

V rámci této práce byly analyzovány modelové vzorky sýrů eidamského typu, které byly vyrobeny standardním technologickým postupem ve spolupráci s Ústavem technologie potravin na technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Celkem byly vyrobeny tři série vzorků, které se lišily teplotou a dobou pasteračního záhřevu. První vzorky byly odebrány 48 hodin po zabalení, přepraveny do laboratoře a uchovávány v lednici při teplotě do 6 °C až do doby analýzy (max 3 týdny). Před analýzou byl vzorek vždy nastrouhán na jemném struhadle, promíchán a na analytických vahách bylo naváženo potřebné množství pro jednotlivé zkoušky.

Pro přípravu a optimalizaci metod byly použity vzorky sýrů zakoupené v běžné tržní síti.

Značení vzorků:

- Výroba č. 1. (pasterační záhřev 65 °C 30 min)
- Výroba č. 2. (pasterační záhřev 80 °C 30 s)
- Výroba č. 3. (pasterační záhřev 74 °C 30 s)

3.4. Použité metody a experimentální postupy

3.4.1. Stanovení obsahu sušiny

3.4.1.1. *Princip*

Vhodně upravený vzorek se suší při 102 °C a po vysušení do konstantní hmotnosti se zváží. Rozdíl hmotnosti vzorku před vysušením a po vysušení udává množství vody a těkavých látek neboli vlhkost w_v a vyjadřuje se v hmotnostních procentech. Rozdíl $100 - w_v$ vyjadřuje obsah sušiny v %. [12,37]

3.4.1.2. *Přístroje a pomůcky*

Elektrická sušárna s regulací teploty, exsikátor s náplní silikagelu, hliníková vysoušecí miska.

3.4.1.3. *Postup*

Do vysoušecí misky se naváží 20 g mořského písku a vloží se do ní na jednom konci zploštělá tyčinka. Vše se vysuší 30 min v sušárně při 102 °C. Vysušená miska se nechá v exsikátoru 30 min vychladnout a zváží se na analytických vahách s přesností na 0,0005 g. Po zvážení se do ní přidají 3 g vzorku a znovu se přesně zváží.

Vzorek se tyčinkou důkladně promíchá a rozetře s pískem na stejnorodou hmotu. Miska se vloží do sušárny vyhřáté na 102 °C a suší se 4 hodiny. Na počátku sušení 3krát po deseti minutách se obsah misky beze ztrát promíchá tyčinkou, aby se netvořila kůra. Při míchání je doporučeno dát pod misku černou tvrdou podložku, na které se dobře zjistí vyhozená zrna z misky během míchání.

Po vysušení se miska nechá vychladnout 30 minut v exsikátoru a zváží se. Nato se vloží opět na půl hodiny do sušárny a po půlhodinovém chladnutí v exsikátoru se zváží. To se opakuje tolikrát, až se dosáhne konstantní váhy, tj. až rozdíl dvou po sobě následujících vážení je nejvýše 0,001 g. [35]

Obsah sušiny v procentech ($w_{suš}$) se vypočítá pomocí vzorce:

$$w_{suš} = \frac{m_{suš} \cdot 100}{m_{nav}} \quad (1)$$

$m_{suš}$ hmotnost vysušeného vzorku (g)

m_{nav} hmotnost vzorku (g)

3.4.2. Stanovení obsahu celkových lipidů

3.4.2.1. *Princip*

Po rozpuštění netukových látek výrobku se uvolněný tuk vytřepe kvantitativně směsí etheru ethylnatého a petroletheru a po jejich odpaření se zváží. [36]

3.4.2.2. *Přístroje a pomůcky*

Dělicí nálevka, zkumavka, odměrný válec 10 ml, baňka s plochým dnem 250 ml, vodní lázeň, analytické váhy, vakuová odparka.

3.4.2.3. *Chemikálie*

Koncentrovaná kyselina chlorovodíková, etanol 96% obj., ethylether, petrolether.

3.4.2.4. *Postup*

Postup podle normy [36] byl modifikován na laboratorní podmínky:

Nejprve se navážilo 1,0 g vzorku s přesností 0,001 g na analytických vahách, poté se vzorek kvantitativně převedl do zkumavky. Přidalo se 5 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a zkumavka se vložila do vodní lázně vyhřáté na 80 °C. Vzorek sýra se nechal zcela rozpustit do tmavě hnědofialového zbarvení a následně se ve vodní lázni ponechal ještě dalších deset minut. Po uplynulých deseti minutách se zkumavka ochladila pod proudem tekoucí vody, přidalo se 5 ml etanolu a obsah zkumavky se přenesl do dělicí nálevky, kde se přidalo 8,4 ml diethyletheru. Obsah se mírně promíchal a třepal 1 minutu. Dále se přidalo 8,4 ml petroletheru a obsah se opět nejdříve mírně promíchal a následně se třepal 1 minutu. Po protřepání se nechala dělicí nálevka stát 30 minut. Po třiceti minutách se přidalo ke spodní fázi 4,2 ml diethyletheru spolu s 4,2 ml petroletheru a provedla se druhá extrakce. Horní fáze se přenesla do odpařovací baňky. Po provedení 2. extrakce se obsah dělicí nálevky nechal opět stát 30 minut. Třetí extrakce se provedla stejně jako druhá. Tři sloučené extrakty se odpařily na vakuové odparce při 40 °C. Následně se zvažila odpařovací baňka s tukem na analytických vahách.

Obsah tuku (w_{tuk}) se vypočítá pomocí vzorce:

$$w_{tuk} = \frac{b \cdot 100}{a} \quad (2)$$

b váha vyextrahovaného tuku (g)

a navážka sýru (g)

Obsah tuku v sušině (w_{tvs}) v procentech se vypočítá pomocí vzorce:

$$w_{tvs} = \frac{w_{tuk} \cdot 100}{w_{suš}} \quad (3)$$

w_{tuk} obsah tuku (%)

$w_{suš}$ obsah sušiny (%)

3.4.3. Extrakce tuku ze vzorku sýra (podle Soxhleta)

3.4.3.1. *Princip*

Lipidy se vyextrahují ze vzorku nepolárním rozpouštědlem. Po oddestilování rozpouštědla a vysušení se tuk zvaží. [12]

3.4.3.2. *Přístroje a pomůcky*

Váhy, extraktor podle Soxhleta, struhadlo, topné hnízdo, destilační přístroj, exsikátor.

3.4.3.3. *Chemikálie*

Petrolether.

3.4.3.4. *Postup*

Vzorek sýra se nastrouhá a ihned se odváží 10 g s přesností na 1 mg do extrakční patry. Patry se nahoře utěsní vatou a vloží do střední části extrakčního přístroje. Do suché destilační baňky na 250 ml se vloží několik kousků pemzy a baňka i s pemzou se zvaží. Potom se do baňky nalije 150 ml rozpouštědla, sestaví se celý extrakční přístroj a zahřívá se na topném hnízde tak, aby rozpouštědlo mírně vřelo. Extrahuje se 8 hodin, pak se oddestiluje

rozpouštědlo, baňka se vysuší v sušárně (30 minut při 100 °C) a po ochlazení v exsikátoru se baňka zváží. [12]

3.4.4. Stanovení čísla zmydelnění

3.4.4.1. Princip

Číslo zmydelnění je hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci volných i vázaných mastných kyselin v 1 g tuku. Vzorek se zmydelní varem s nadbytkem alkoholického roztoku hydroxidu draselného a přebytečný nezreagovaný hydroxid se stanoví zpětnou titrací kyselinou chlorovodíkovou na fenolftalein. [12]

3.4.4.2. Přístroje a pomůcky

Váhy, topné hnízdo, destilační baňka, zpětný chladič, byreta, pipeta 25 ml.

3.4.4.3. Chemikálie

Roztok hydroxidu draselného v ethanolu ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), kyselina chlorovodíková ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), 1% roztok fenolftaleinu.

3.4.4.4. Postup

Do destilační baňky s kulatým dnem se naváží do 25 ml hydroxidu draselného 2 g vzorku s přesností na 1 m. Přidají se kousky pemzy a zmydelňuje se 30 minut pod zpětným chladičem na topném hnízdě. Současně se provádí slepý pokus stejným způsobem, ale bez vzorku. Po zmydelnění musí být obsah baňky čirý. Do horkého roztoku se přidají tři kapky fenolftaleinu a ihned se titruje odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové, dokud se indikátor neodbarví. Stejně se titruje i slepý pokus. [12]

Číslo zmydelnění (\check{C}_z) se vypočítá pomocí vzorce:

$$\check{C}_z = \frac{m_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot (V_{\text{HCl}_{\text{svz}}} - V_{\text{HCl}_{\text{vz}}}) \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} \quad (4)$$

m_{KOH} hmotnost hydroxidu draselného (g)

m_{vz} navážka vzorku (g)

c_{HCl} koncentrace kyseliny chlorovodíkové (M)

$V_{\text{HCl}_{\text{svz}}}$ spotřeba kys. chlorovodíkové při titraci slepého vzorku (ml)

$V_{\text{HCl}_{\text{vz}}}$ spotřeba kys. chlorovodíkové při titraci vzorku (ml)

M_{KOH} molární hmotnost hydroxidu sodného ($\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)

3.4.5. Stanovení čísla kyselosti

3.4.5.1. Princip

Číslo kyselosti udává obsah volných mastných kyselin v tuku a vyjadřuje se jako hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci 1 g tuku. Vzorek se rozpustí za horka v ethanolu a titruje se odměrným roztokem hydroxidu sodného na fenolftalein. [12]

3.4.5.2. Přístroje a pomůcky

Váhy, elektrický vařič, titrační baňka, byreta, odměrný válec.

3.4.5.3. Chemikálie

96% ethanol neutralizovaný na fenolftalein, 1% roztok fenolftaleinu, roztok hydroxidu draselného ($c = 1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v 96% ethanolu.

3.4.5.4. Postup

Do 40 ml ethanolu v titrační baňce se naváží 2 g vzorku s přesností na 1 mg. Směs v titrační baňce se zahřeje na elektrickém vařiči k varu, promíchá se, přidají se tři kapky fenolftaleinu a za horka se titruje odměrným roztokem hydroxidu draselného do růžovofialového zbarvení, které je stálé 30 s. Zároveň se provede slepý pokus pouze se 40 ml ethanolu. [12]

Číslo kyselosti (\check{C}_K) se vypočítá pomocí vzorce:

$$\check{C}_K = \frac{m_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} = \frac{c_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} = \frac{c_{\text{KOH}} \cdot (V_{\text{KOH}_{\text{vz}}} - V_{\text{KOH}_{\text{svz}}}) \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{vz}}} \quad (5)$$

m_{KOH}	hmotnost hydroxidu draselného (g)
m_{vz}	navážka vzorku (g)
c_{KOH}	koncentrace hydroxidu draselného (M)
$V_{\text{KOH}_{\text{svz}}}$	spotřeba hydroxidu draselného při titraci slepého vzorku (ml)
$V_{\text{KOH}_{\text{vz}}}$	spotřeba hydroxidu draselného při titraci vzorku (ml^1)
M_{KOH}	molární hmotnost hydroxidu draselného ($\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)

3.4.6. Stanovení esterového čísla

3.4.6.1. Princip

Esterové číslo je hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci estericky vázaných kyselin v 1 g tuku. Vypočítává se z rozdílu čísla zmýdelnění a čísla kyselosti. Z esterového čísla lze vypočítat přibližný procentuální obsah glycerolu v tuku. [12]

$$\check{C}_e = \check{C}_z - \check{C}_k \quad (6)$$

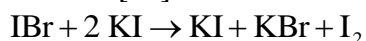
$$\% \text{ glycerolu} = 0,0547 \cdot \check{C}_e \quad (7)$$

\check{C}_e	esterové číslo ($\text{mg}_{\text{KOH}} \cdot \text{g}^{-1} \text{tuku}$)
\check{C}_z	číslo zmýdelnění ($\text{mg}_{\text{KOH}} \cdot \text{g}^{-1} \text{tuku}$)
\check{C}_k	číslo kyselosti ($\text{mg}_{\text{KOH}} \cdot \text{g}^{-1} \text{tuku}$)

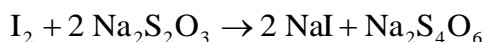
3.4.7. Stanovení jodového čísla podle Hanuše

3.4.7.1. Princip

Jodové číslo udává hmotnost jodu v gramech, která se aduje na 100 g tuku za podmínek metody. Nezreagovaný jodmonobromid se přidáním jodidu draselného převede na jod podle rovnice: [12]



Jod se stanoví thiosíranem na škrobový maz.



3.4.7.2. *Přístroje a pomůcky*

Váhy, elektrický vařič, zábrusové Erlenmeyerovy baňky se zátkami, odměrný válec 25 ml, pipeta 25 ml, byreta.

3.4.7.3. *Chemikálie*

Chloroform, roztok thiosíranu sodného ($c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$), 10% jodid draselný, škrobový maz, roztok jodmonobromidu.

3.4.7.4. *Postup*

Do malých kádinek se odváží s přesností na 1 mg 0,5 g tuku. Navážky se převedou kvantitativně do zábrusových Erlenmeyerových baněk 10 ml chloroformu a rozpuštění se případně urychlí mírným zahřátím. K roztokům se napipetuje po 25,0 ml jodmonobromidového roztoku a baňky se uzavřou zabroušenými zátkami ovlhčenými v roztoku jodidu draselného, aby se zadržel unikající jod. Obsah baněk se pak promíchá mírným krouživým pohybem a nechá se stát 1 hodinu za nepřístupu světla a občasného míchání. Paralelně se připraví slepý pokus bez navážky tuku. Po hodině se zátky opláchnou destilovanou vodou do baněk a odměrným válcem se do každé baňky přidá 25 ml jodidu draselného. Po 1 – 2 minutách se přidá 100 ml vody a titruje se odměrným roztokem thiosíranu sodného do žlutého zbarvení. Potom se přidá 3 – 5 ml škrobového roztoku a titruje se do odbarvení vodné fáze. Jestliže je spodní chloroformová fáze zbarvena fialově, protřepe se a dotitruje. Chloroformová vrstva smí být zbarvena pouze rozpuštěným tukem (nažloutle nebo hnědě). [12]

Jodové číslo (\check{C}_j) se vypočítá pomocí vzorce:

$$\check{C}_j = \frac{m_j}{m_{vz}} \cdot 100 \text{ g} = \frac{n \cdot M_{I_2}}{m_{vz}} \cdot 100 \text{ g} = \frac{(n_{sl_vz} - n_{vz}) \cdot M_{I_2}}{m_{vz}} \cdot 100 \text{ g}$$
$$\check{C}_j = \frac{\left(\frac{c_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{sl_Na_2S_2O_3}}{2} - \frac{c_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{Na_2S_2O_3}}{2} \right) \cdot M_{I_2}}{m_{vz}} \cdot 100 \text{ g} \quad (8)$$

m_j hmotnost nezreagovaného jodu (g)

m_{vz} navážka vzorku (g)

n látkové množství nezreagovaného jodu (mol)

M_{I_2} molární hmotnost jodu ($\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)

n_{sl_vz} celkové látkové množství jodu (mol)

n_{vz} látkové množství zreagovaného jodu (mol)

$c_{Na_2S_2O_3}$ koncentrace thiosíranu sodného (M)

$V_{sl_Na_2S_2O_3}$ spotřeba thiosíranu sodného při titraci slepého vzorku (dm^3)

$V_{Na_2S_2O_3}$ spotřeba thiosíranu sodného při titraci vzorku (dm^3)

3.4.8. *Statistické zpracování výsledků*

Každý vzorek byl analyzován třikrát ($n = 3$), výsledky byly zpracovány pomocí Microsoft Office Excel 2003 a jsou uvedeny ve formě průměr \pm sm. odchylka.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce je přípravnou fází pro navazující diplomovou práci, která se bude zabývat komplexní charakterizací lipidů ve vzorcích přírodních sýrů eidamského typu (sýry s nízkodohřívanou sýřeninou). Práce bude spočívat ve stanovení volných a vázaných mastných kyselin a některých dalších parametrů souvisejících s obsahem a složením lipidů ve vzorcích.

Modelové vzorky budou vyráběny ve spolupráci s Ústavem technologie potravin na technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Po celou dobu jejich výroby, od syrového mléka jako základní suroviny až po konečný výrobek, včetně 2 měsíců zrání za standardních podmínek, budou v pravidelných intervalech odebírány vzorky, které budou podrobeny analýzám. Cílem je sledovat změny vybraných parametrů v průběhu technologického procesu výroby sýra.

Pro charakterizaci vzorků (resp. lipidů ve vzorcích) v rámci této práce byly vybrány následující parametry: stanovení tuku, resp. celkových lipidů a tzv. „tukových charakteristik“, v případě mléčných výrobků se používá také termín „chemické konstanty mléčného tuku“ - číslo kyselosti, číslo zmýdelnění, esterové číslo a jodové číslo; jako doplněk potom stanovení obsahu sušiny.

Podstatou této bakalářské práce byla příprava metodiky, její vyzkoušení na modelových vzorcích, optimalizace podmínek analýz a jejich zavedení do provozu v laboratoři ÚCHPBT na FCH VUT v Brně. Ověřené a optimalizované metody byly aplikovány na první vyrobené vzorky sýrů eidamského typu. Celkem byly proměřeny 3 vzorky sýrů. Sýry byly analyzovány okamžitě po výrobě, přesněji řečeno 48 hodin od jejich výroby; účelem zde bylo zachytit počáteční fázi zrání. Jednotlivé vzorky se od sebe liší použitým pasteračním záhřevem (teplota vs. doba).

4.1. Stanovení obsahu sušiny

Pojmem sušina se označuje souhrn všech organických a anorganických složek obsažených v potravině, kromě vody. Jinak řečeno sušinu chápeme jako pevný zbytek po odstranění vody a látek těkajících při různé teplotě; stanovuje se nejčastěji sušením do konstantní hmotnosti. Obsah sušiny je významným ukazatelem jakosti a trvanlivosti výrobku. [12]

V případě sýrů sušinu tvoří součet bílkovin, tuku, zbytkového mléčného cukru, soli a minerálních látek. Sýry eidamského typu se podle obsahu sušiny (cca 50 %) řadí mezi sýry tzv. polotvrdé. Obecně lze říci, že čím je podíl sušiny v sýru vyšší, má vyšší obsah vápníku, jeho konzistence (textura) je tvrdší a je i chuťově výraznější. Požadovaný obsah sušiny je při výrobě dosahován lisováním, zpracováním sýřeniny (velikost zrna, dosoušení), popř. u délezrajících sýrů, které nezrají ve fólii, může k dalšímu poklesu obsahu vody docházet během zrání. [1,2]

Pro stanovení obsahu sušiny v rámci této práce byla vybrána jednoduchá metoda sušením do konstantní hmotnosti dle normy. [37]

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 6.

Modelové sýry byly vyráběny na přibližný obsah sušiny 55 %. Jak je patrné z uvedených výsledků, obsah sušiny byl nalezen nižší (kromě sýra z 2. výroby). Sýry byly analyzovány okamžitě po výrobě a lze očekávat, že k určitému zvýšení obsahu sušiny dojde v průběhu zrání. [1,2] Vzhledem k tomu, že všechny sýry byly vyrobeny ze stejné suroviny, rozdíly mezi vzorky mohou být způsobeny mírným kolísáním podmínek v procesu výroby sýrů.

Tabulka 6: Obsah sušiny (%) ve vzorcích sýrů

Výroba	Navážka vzorku [g]	Hmotnost sušiny [g]	Hmotnost odpařené vody [g]	Procentuální podíl sušiny [%]
1	3,26 ± 0,11	1,52 ± 0,04	1,74 ± 0,07	46,73 ± 0,46
2	3,36 ± 0,34	1,89 ± 0,17	1,47 ± 0,17	56,34 ± 1,06
3	3,23 ± 0,13	1,61 ± 0,07	1,63 ± 0,06	49,72 ± 0,29

4.2. Stanovení obsahu celkových lipidů

Pro stanovení obsahu celkových lipidů byla použita klasická metoda extrakcí směsí rozpouštědel. [36]

Tučnost sýrů vypovídá nejen o celkovém množství obsažených lipidů, ale také o jejich chutnosti, protože nositelem chuti v mléčných výrobcích je především tuk. V neposlední řadě tuk ovlivňuje také texturu sýra. Požadovaný obsah tuku (tuku v sušině) v sýrech je dosahován standardizací suroviny. [22] Sýry eidamského typu lze na základě obsahu tuku zařadit mezi plnotučné sýry (45-50 % tuku v sušině). Jejich konzistence (textura) je díky vyššímu obsahu tuku vláčná až pružná, hladká, přiměřeně tuhá. [22]

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 7.

Při výrobě modelových sýrů bylo mléko standardizováno na hodnotu 45 % tuku v sušině u konečného výrobku. Jak je patrné z výsledků, hodnoty tuku v sušině u jednotlivých výrobů výrazně kolísají, ve vzorku z výroby č. 1 byl nalezen výrazně vysoký obsah tuku v sušině, naopak ve vzorku z 2. výroby je nalezený obsah nižší. Zřejmě bude třeba se v procesu výroby modelových vzorků zaměřit více na standardizaci obsahu tuku v sušině.

Tabulka 7: Obsah tuku (%) a tuku v sušině (%) ve vzorcích sýrů

Výroba	Navážka vzorku [g]	Hmotnost vyextrahovaného tuku [g]	Obsah tuku [%]	Obsah tuku v sušině [%]
1	1,0	0,34 ± 0,01	34,18 ± 1,25	73,14 ± 4,36
2	1,0	0,21 ± 0,01	21,28 ± 0,14	37,77 ± 2,92
3	1,0	0,26 ± 0,01	25,68 ± 0,13	51,64 ± 4,95

4.3. Stanovení tukových charakteristik

Tzv. tukové charakteristiky jsou jednoduché laboratorní metody, které slouží k celkové charakterizaci složení mastných kyselin ve vzorku. Stručně řečeno, číslo zmydlení vyjadřuje obsah veškerých mastných kyselin, číslo kyselosti obsah volných mastných kyselin, esterové číslo obsah esterově vázaných mastných kyselin a jodové číslo obsah dvojných vazeb v mastných kyselinách.

Ve starší literatuře [39,40] se s měřením těchto charakteristik setkáváme poměrně často, používaly se především při hodnocení másla a také hlavní suroviny na jeho výrobu, smetany. Výsledky byly využívány k:

- posouzení složení a kvality mléčného tuku
- posouzení změn v důsledku kažení mléčného tuku
- zjištění porušení (falšování) mléčného tuku

Současné metody se samozřejmě opírají se o mnohem přesnější přímé stanovení spektra mastných kyselin s použitím moderních instrumentálních technik, přičemž nejlépe se k tomuto účelu hodí a také nejčastěji se v praxi využívá plynová chromatografie s plamen-ionizační detekcí. [18-21] Stanovení „chemických konstant“ však může posloužit jako jednoduchý a rychlý doplněk těchto analýz. Význam má dosud stanovení čísla kyselosti, které je důležitým měřítkem případných změn při různých technologických operacích (smažení) a/nebo měřítkem kažení (žluknutí) tuků.

Měření tukových charakteristik při analýze sýrů není (ani dříve nebylo) v praxi příliš využíváno a nastává problém hned v první fázi, kdy je nejprve potřeba nějakým vhodným způsobem vyizolovat tuk z matrice sýra a to v množství dostatečném pro následující analýzy. Za tímto účelem byla v této práci vyzkoušena jednoduchá extrakce nepolárním rozpouštědlem (petrolether) dle Soxhleta (viz kapitola 3.4.3.). Problémem však byly poměrně nízké výtěžky izolovaného tuku, navíc je uvedená extrakce velmi časově náročná (testovaná doba 8 hodin), čímž celý proces samozřejmě ztrácí výhodu jednoduchosti a rychlosti.

Samotné stanovení jednotlivých tukových čísel je už relativně jednoduché; postupy vycházejí z příslušných norem [16,17] a jsou běžně dostupné v literatuře. První fáze experimentální práce spočívala ve vyzkoušení vybraných metod, optimalizaci podmínek analýz a jejich zavedení do provozu v laboratoři ÚCHPBT na FCH VUT v Brně. Metody byly následně aplikovány na modelové vzorky sýrů.

Je třeba zmínit, že množství, složení a vlastnosti mléčného tuku ovlivňuje řada faktorů, z nichž nejvýznamnější je výživa a zdravotní stav dojnice, stadium laktace, plemenná příslušnost aj., z ostatních faktorů složení tuku výrazně ovlivňuje např. roční období. Z tohoto důvodu jsou níže uvedené hodnoty měřených tukových charakteristik poměrně proměnlivé. [22]

4.3.1. Stanovení čísla zmydlení

Mezi nejdůležitější mastné kyseliny mléčného tuku patří nasycené mastné kyseliny (máselná, kapronová, kaprylová, kaprinová, laurová, myristová, palmitová, stearová), které tvoří cca 60-70 % všech mastných kyselin, v menší míře jsou zde zastoupeny mononenasycené mastné kyseliny (26–42 %), z nichž nejvýznamnější je kyselina olejová. Polynenasycené mastné kyseliny (linolová, linolenová, arachidonová) tvoří velmi nízký podíl (2–6 %). [22]

Číslo zmydlení vyjadřuje obsah veškerých mastných kyselin ve vzorku. [12]

V případě mléčného tuku se pohybuje v rozmezí cca 218-235 $\text{mg}_{\text{KOH}} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku a je možné ho v praxi použít, a dříve se používalo především za tímto účelem, pro eventuální orientační zjištění falšování mléčného tuku. Při porušení živočišnými tuky číslo zmydlení klesá, při porušení rostlinnými tuky stoupá. [22]

Naměřené hodnoty čísla zmydlení modelových vzorků jsou uvedeny v Tabulka 8.

Tabulka 8: Naměřené hodnoty čísla zmydlení vzorků sýrů (vyjádřeno na g tuku)

Výroba	Č _Z [$\text{mg}_{\text{KOH}} \cdot \text{g}^{-1}$]
1	224,08 ± 0,80
2	222,02 ± 0,80
3	222,01 ± 1,16

4.3.2. Stanovení čísla kyselosti

Dříve se pro charakterizaci mléčného tuku používalo také číslo Reichert-Meisslovo a Polenského, která zjednodušeně řečeno udávají obsah těkavých mastných kyselin; mléčný tuk je totiž, jak již bylo zmíněno, charakteristický vysokým obsahem nízkouhlíkatých mastných kyselin (4-16 C). [22] Vzhledem k budoucímu zaměření práce však bylo pro naše účely mnohem zajímavější pokusit se stanovit obsah volných mastných kyselin, tj. číslo kyselosti. [12]

Obsah volných mastných kyselin v mléčném tuku tvoří cca 0,1 % z celkového obsahu lipidů, číslo kyselosti mléčného tuku se uvádí cca 0,39-0,62 mg_{KOH}·g⁻¹ tuku. [40]

Číslo kyselosti je dobrým měřítkem stupně hydrolýzy triacylglycerolů (tzv. lipolýzy) a tedy dobrým kritériem hodnocení kvality. S postupujícím hydrolytickým žluknutím tuku stoupá obsah volných mastných kyselin a tím i číslo kyselosti. [22]

Naměřené hodnoty čísla kyselosti v modelových vzorcích jsou uvedeny v Tabulka 9

Tabulka 9: Naměřené hodnoty čísla kyselosti vzorků sýrů (vyjádřeno na g tuku)

Výroba	Č _K [mg _{KOH} ·g ⁻¹]
1	0,30 ± 0,01
2	0,35 ± 0,02
3	0,33 ± 0,02

4.3.3. Stanovení esterového čísla

Esterové číslo je v souvislosti s obsahem esterově vázaných mastných kyselin ve vzorku, jinak řečeno s obsahem mono-, di- a triacylglycerolů.. Počítá se z rozdílu čísla zmydlení a čísla kyselosti. Z esterového čísla lze vypočítat přibližný procentuální obsah glycerolu v tuku. [12]

Stanovené hodnoty esterového čísla jsou uvedeny v Tabulka 10.

Tabulka 10: Stanovené hodnoty esterového čísla a obsahu glycerolu (%) ve vzorcích sýrů

Výroba	Č _E [mg _{KOH} ·g ⁻¹]	Obsah glycerolu [%]
1	223,78	12,24
2	221,67	12,13
3	221,68	12,13

4.3.4. Stanovení jodového čísla podle Hanuš

Jodové číslo je měřítkem celkového obsahu dvojných vazeb v tuku a obecně slouží k posouzení jeho čistoty, k identifikaci neznámých tuků a k posouzení použitelnosti tuku pro různé účely. Udává hmotnost jodu v gramech, která se aduje na 100 g tuku za podmínek metody. Jod však reaguje příliš pomalu, brom a chlor jsou naopak příliš reaktivní, takže vedle adice dochází i k substituci. Proto se v praxi nejčastěji používá metoda podle Hanuš, která používá bromid jodný (jodmonobromid), jehož reaktivita je právě vhodná pro stanovení nenasycenosti tuků. [12] Tento postup byl zvolen i v této práci.

Jodové číslo tedy souvisí s obsahem nenasycených mastných kyselin v tuku; jak již bylo zmíněno, v mléčném tuku se jedná především o kyseliny olejovou, linolovou, linolenovou a arachidonovou. [38]

Jodové číslo mléčného tuku se pohybuje v rozmezí cca 22-48 $\text{g}_{\text{I}_2} \cdot 100\text{g}^{-1}$ tuku a závisí na mnoha faktorech, z nichž nejvýznamnější je výživa dojníc. [22]

Stanovené hodnoty jodového čísla jsou uvedeny v Tabulka 11.

Tabulka 11: Stanovené hodnoty jodového čísla vzorků sýrů

Výroba	Č _J [$\text{g}_{\text{I}_2} \cdot 100\text{g}^{-1}$]
1	28,02 ± 0,60
2	28,59 ± 0,59
3	30,29 ± 0,40

5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou charakterizace lipidů ve vzorcích přírodních sýrů eidamského typu. Na základě literární rešerše byly pro charakterizaci vzorků (resp. lipidů ve vzorcích) vybrány následující parametry: stanovení tuku, resp. celkových lipidů a tzv. „tukových charakteristik“ - číslo kyselosti, číslo zmýdelnění, esterové číslo a jodové číslo; jako doplněk potom stanovení obsahu sušiny a výpočet obsahu tuku v sušině.

Pro stanovení obsahu sušiny byla vybrána jednoduchá metoda sušením do konstantní hmotnosti dle normy ČSN EN ISO 5534 (referenční metoda).

Pro stanovení obsahu celkových lipidů byla použita klasická metody extrakcí směsí rozpouštědel. Po rozpuštění netukových látek výrobku byl uvolněný tuk vytřepán kvantitativně směsí ethyletheru a petroletheru a po jejich odpaření zvážen.

Metody stanovení tukových charakteristik vycházejí z příslušných norem.

Všechny metody byly vyzkoušeny, optimalizovány pro použití na konkrétní typy sýrů a zavedeny do provozu v laboratoři ÚCHPBT na FCH VUT v Brně a následně aplikovány na vyrobené modelové vzorky sýrů.

Modelové vzorky byly vyrobeny ve spolupráci s Ústavem technologie potravin na technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně standardním technologickým postupem. Tato bakalářská práce zahrnuje výsledky měření sýrů okamžitě (resp. 48 hodin) po výrobě, tedy počátek zrání sýrů. Celkem byly analyzovány tři vzorky sýrů, které se lišily teplotou a dobou pasteračního záhřevu mléka, z něhož byly vyrobeny (65 °C 30 min; 74 °C 30 s; 80 °C 30 s). Mezi vzorky byly nalezeny významné rozdíly ve sledovaných parametrech, nicméně není jisté, zda je možné tyto rozdíly přičítat pouze aplikovanému pasteračnímu záhřevu suroviny (mléka). Práce je pilotní (přípravnou) studií problematiky a jedná se o první výsledky, ze kterých nelze vyvozovat jednoznačné závěry. Vzorky budou podrobeny dalšímu rozboru po 2 měsících zrání (v rámci navazující diplomové práce), po této době budou rozdíly mezi vzorky více markantní a bude možné je lépe posoudit.

Sýry byly vyráběny na přibližný obsah sušiny 55 % a tuk v sušině 45%, podle těchto stěžejních kritérií je možné je zařadit mezi sýry tzv. polotvrdé a plnotučné. Naměřené skutečné hodnoty však poněkud kolísaly od uvedených hodnot a to oběma směry. Toto kolísání může být způsobeno mírným kolísáním podmínek v procesu výroby sýrů. Požadovaných hodnot bude pravděpodobně dosaženo až po dvouměsíčním zrání, tak jak je to u těchto typů sýrů obvyklé.

Co se týče tukových charakteristik, jejich aplikace na sýry se příliš neosvědčila, především vzhledem k velice nepraktickému a zdlouhavému získávání tuku ze vzorku sýra. Z tohoto důvodu bude pro další práci používáno pouze číslo kyselosti (jako měřítko změn volných mastných kyselin během zrání sýrů) a číslo jodové (jako měřítko kvality tuku). Výsledky měření pak budou korelovány s obsahem volných a vázaných mastných kyselin stanovených plynovou chromatografií s FID detekcí.

6. LITERATURA

- [1] FORMAN, Ladislav. *Mlékárenská technologie II*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1996. ISBN 80-708-0250-2.
- [2] Jídlo s.r.o.: Mléko a mléčné výrobky (4) - Eidam. In: *Www.stream.cz* [online]. 2014. vyd. 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.stream.cz/jidlo-s-r-o/10004051-mleko-a-mlecne-vyrobky-4-eidam>
- [3] Eidam. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 26. 8. 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Eidam>
- [4] OLEŠANSKÝ, Č., KNĚZ, V.: *Výroba tvrdých sýrů eidamského a ementálského typu*. Praha: Česká akademie zemědělská – Výzkumný ústav potravinářského průmyslu – Středisko technických a ekonomických informací potravinářského průmyslu, 1971.
- [5] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002, 236 s. ISBN 80-708-0510-2.
- [6] FORMAN, L a J STRMISKA. *Mlékárenství II pro 3. ročník středních odborných učilišť*. Praha: SNTL, 1984.
- [7] HOJDAR, J, KNĚZ a FIALA. *Mlékaření. Máslařství. Sýrařství*. Praha: Brázda, 1948, 290 s.
- [8] Kravské mléko. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 29. 10. 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Kravsk%C3%A9_mléko
- [9] TEPLÝ, M a F FRIEDRICH. *Syřidla, barvy a vosky v mlékárenském průmyslu*. Praha: SNTL, 1957.
- [10] TEPLÝ, Miloš. *Výroba sýrů, kaseinů a kaseinátů : novinky v technice a technologii*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985, 185 s.
- [11] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998, 135 s. ISBN 80-715-7342-6.
- [12] HRSTKA, M a M VESPALCOVÁ. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Brno: FCH VUT, 2006, 56 s.
- [13] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [14] ČERNÁ, Marie. *Nutriční hodnota mléka a mléčných výrobků*. Praha: STI, 1979, 141 s.
- [15] Triglyceride. In: *Triglyceride* [online]. 2002 [cit. 2014-12-27]. Dostupné z: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/triacylglycerol>
- [16] ČSN EN ISO 3657. *Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení čísla zmýdelnění*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [17] ČSN EN ISO 660. *Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení čísla kyselosti a kyselosti*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [18] Gutnikov, G.: Fatty Acids Profiles of Lipid Samples. *Journal of Chromatography B*, 1995, vol. 671, pp. 71–89. ISSN 1570-0232.
- [19] Seppänen-Laakso, T., Laakso, I., Hiltunen, R.: Analysis of Fatty Acids by Gas Chromatography and its Relevance to Research on Health and Nutrition. *Analytica Chimica Acta*, 2002, vol. 465, pp. 39–62.
- [20] Eder, K.: Gas Chromatographic Analysis of Fatty Acid Methyl Esters. *Journal of Chromatography B*, 1995, vol. 671, pp. 113–131. ISSN 1570-0232.

- [21] Myher, J. J., Kuksis, A.: General Strategies in Chromatographic Analysis of Lipids. *Journal of Chromatography B*, 1995, vol. 671, pp. 3–33. ISSN 1570-0232.
- [22] FOX, P, P MCSWEENEY. *Dairy chemistry and biochemistry*. 1st ed. New York: Blackie Academic, 1998. ISBN 04-127-2000-0.
- [23] ŠEBELA, F., B. DUŠEK a J. PAVEL. *Mlékařství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1964.
- [24] DOSTÁL, Jiří, Hana PAULOVÁ, Jiří SLANINA a Eva TÁBORSKÁ. *Biochemie: pro posluchače bakalářských oborů*. Brno: Masarykova univerzita, 2009, 158 s. ISBN 978-80-210-5020-4.
- [25] Lipid Library: Lipid Chemistry, Biology, Technology & Analysis. *Lipid Library* [online]. 2014 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://lipidlibrary.aocs.org/>
- [26] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie II: Živý systém jako chemický stroj*. 1. vyd. Praha: Academia, 1992, 135 s. ISBN 80-200-0441-6.
- [27] VOET, Donald. *Biochemie*. 1. vyd. Praha: VICTORIA PUBLISHING, 1995, 1325 s. ISBN 80-856-0544-9.
- [28] LOTH, Gloria. Fatty acid. In: *Encyclopedia Britannica* [online]. 2015 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/202621/fatty-acid>
- [29] VRÁNOVÁ, Dana. *Základy výživy*. Brno, 2014. Přednášky. VUT.
- [30] BŘEZINA, Pavel, Aleš KOMÁR a Jan HRABĚ. *Technologie, zbožížnalství a hygiena potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 2001, 177 s. ISBN 80-723-1079-8.
- [31] PIJANOWSKI, E. *Základy chemie a technologie mliekařstva II*. Bratislava: Příroda, 1978.
- [32] SOMMER, Lumír. *Základy analytické chemie II*. Vyd. 1. V Brně: Vutium, 2000, 347 s. ISBN 80-214-1742-0.
- [33] BŘEZINA, Pavel, Aleš KOMÁR a Jan HRABĚ. *Technologie, zbožížnalství a hygiena potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 2001, 177 s. ISBN 80-723-1079-8.
- [34] DRDÁK, M., J. STUDNICKÝ, E. MÓROVÁ a J. KAROVÍČOVÁ. 1996. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 511 s. ISBN 80-967-0641-1.
- [35] ČSN 57 0107. *Metody zkoušení sýrů, tvarohů, krémů a pomazánek*. 1965. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření.
- [36] ČSN EN ISO 1735. *Sýry a tavené sýrové výrobky: Stanovení obsahu tuku - Vážková metoda (Referenční metoda)*. Český normalizační institut: Praha, 1997.
- [37] ČSN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry.: Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Český normalizační institut: Praha, 2005.
- [38] ČSN EN ISO 3961. *Živočišné a rostlinné tuky a oleje: Stanovení jodového čísla*. Český normalizační institut: Praha, 2013.
- [39] KRATOCHVÍL, L a M VEDLICH. *Výroba másla*. 1. vyd. Praha: SNTL, t. Tisk 3, Čes. Těšín, 1974.
- [40] FORMAN, L, E MATOUŠKOVÁ a M VODIČKOVÁ. *Máslařství, nové technologické postupy*. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1988. Technika a technologie potravinářského průmyslu.